

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КОНОТОПСЬКИЙ ІНСТИТУТ

Факультет денної форми навчання

Кафедра електронних
приладів і автоматики

Дипломна робота

**Розробка електронного пристрою управління шлюзовою установкою
шахти у складі СЦБ**

Студент гр. ЕП-61к

А. П. Тетюра

Нормоконтроль
ст. викладач, к.ф.-м.н.

Т.М.Гричановська

Науковий керівник
к.т.н., доцент

М. П. Матвієнко

Конотоп 2020

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота присв'ячена розробці електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ.

Об'єктом розробки такого пристрою є шлюзова установка шахти у складі СЦБ.

Метою роботи є розробка електронного пристрою для управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ.

При виконанні кваліфікаційної роботи по розробці електронного пристрою управління розроблені алгоритми, абстрактні та структурні математичні моделі роботи такого пристрою. Задані математичні моделі, які представлені графічно у вигляді автоматів Мура.

Використовуючи структурні математичні моделі роботи пристроїв для управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ на основі таблиць переходів та виходів отримані канонічні рівняння його роботи. Мінімізація і аналіз цих канонічних рівнянь показали, що найкращим варіантом їх реалізації є контролери типу Unitronics M90-TA2-CAN/

Робота викладена на 38 сторінках, у тому числі включає 14 рисунків, 3 таблиці, список цитованої літератури із 16 джерел, додаток А.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ, ШЛЮЗОВІ УСТАНОВКИ, ЗАЛІЗНИЧНІ ВАГОНЕТКИ, РЕЛЬСОВИЙ ТРАНСПОРТ, СИГНАЛІЗВЦІЯ – ЦЕНТРАЛІЗАЦІЯ – БЛОКУВАННЯ (СЦБ), АБСТРАКТНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, СТРУКТУРНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, КАНОНІЧНІ РІВНЯННЯ, ТАБЛИЦІ ПЕРЕХОДІВ, ТАБЛИЦІ ВИХОДІВ, КОНТРОЛЕРИ UNITRONICS M90-TA2-CAN.

ЗМІСТ

стор.

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ШЛЮЗОВОЮ УСТАНОВКОЮ ШАХТИ У СКЛАДІ СЦБ.....	5
1.1. Призначення та аналіз системи управління шлюзовою установкою шахти.....	5
1.2. Призначення та аналіз системи сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) у шахті.....	8
1.3. Розробка технічних вимог та алгоритмів управління механізмами шлюзового пристрою у складі СЦБ.....	9
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ ШЛЮЗОВОЮ УСТАНОВКОЮ ШАХТИ У СКЛАДІ СЦБ	13
2.1. Розробка абстрактної математичної моделі електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ	13
2.2. Розробка структурної математичної моделі і канонічних рівнянь електронного пристрою управління механізмами шлюзової установки у складі СЦБ.....	20
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ ШЛЮЗОВОЮ УСТАНОВКОЮ ШАХТИ У СКЛАДІ СЦБ.....	26
3.1 Аналіз і вибір контролерів для управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ.....	26
3.2. Вибір ефективної мови програмування для реалізації пристрою управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ.....	29
ВИСНОВКИ.....	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	34
ДОДАТОК А.....	37

ВСТУП

Збільшення видобутку вугілля є основним завданням топливно-енергетичного комплексу, що веде до енергонезалежності країни. Рудничний електровозний транспорт з шлюзуванням є з'єднуючим ланцюгом між процесами добування вугілля і його транспортування для погрузки в вагони колійного транспорту і визначає ритмічність виробничого циклу шахти в цілому.

Чіткість роботи підземного транспорту, безперебійне забезпечення повітрям залежить від організації його перевезень і чіткої роботи шлюзових пристроїв. Підвищення ритму роботи можна досягти за рахунок використання сучасних систем управління шлюзовими пристроями.

Для розробки таких пристроїв були проаналізовані як шлюзові пристрої, так і централізовані та автоматичні системи управління колійним транспортом. На основі такого аналізу був зроблений висновок, що найбільш ефективною системою є система, яка базується на побудові шлюзових пристроїв, які розраховані для пропуску составів потягів і маршрутів шахтних залізничних вагонеток з червоним нормально горящим світлом світлофора.

Враховуючи те, що шлюзова установка шахти повинна бути високонадійною установкою, від функціонування якої в значній мірі залежить провітрювання в шахті, то електронний пристрій управління нею повинен бути надзвичайно надійним. Враховуючи це, його розробка повинна опиратися на науковий підхід, використовуючи останні досягнення в електроніці.

На основі даного підходу, користуючись математичною логікою і теорією автоматів необхідно розробити математичні моделі, по яким отримати канонічні рівняння роботи шлюзового пристрою для автоматичного пропуску составів потягів через шлюзову установку не порушуючи провітрювання у шахті в цілому.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ШЛЮЗОВОЮ УСТАНОВКОЮ ШАХТИ У СКЛАДІ СЦБ

1.1. Призначення та аналіз системи управління шлюзовою установкою шахти

Система управління шлюзовими пристроями шахт призначена для автоматичного управління сигнальними світлофорами і дверима шлюзових пристроїв при проїзді локомотивного транспорту з можливістю видачі інформації диспетчеру про положення дверей, зайнятості шлюзу і прийому сигналів управління дверима від диспетчера [1, 2, 3].

Технологічна схема управління механізмами шлюзової установки шахти у складі СЦБ, наведена на рис. 1.1.1.

На рис.1.1.1 прийняті наступні позначення:

D_{31}^w, D_{32}^w – сигнали від датчиків запиту в'їзду до шлюзової установки;

D_{11}^w, D_{12}^w – сигнали від датчиків зміни при в'їзді шлюзової установки;

D_{01}^w, D_{02}^w – сигнали від датчиків відбою при проїзду до шлюзової установки;

D_{03}^1, D_{03}^2 – сигнали від датчиків, які фіксують закриття першої і другої дверей шлюзової установки;

D_{00}^1, D_{00}^2 – сигнали від датчиків, які фіксують відкриття першої і другої дверей шлюзової установки;

D_{11}^1, D_{11}^2 – сигнали від датчиків шлюзової установки, які видають сигнал на закриття другої і першої дверей відповідно;

C_1, C_4 – світлофори запиту проїзду через шлюз;

C_2, C_3 –світлофори, які сигналізують машиністу про відкривання і закривання шлюзових дверей;

G – сигналізатор, який сповіщає про відкриття дверей шлюза і проходження через його локомотива.

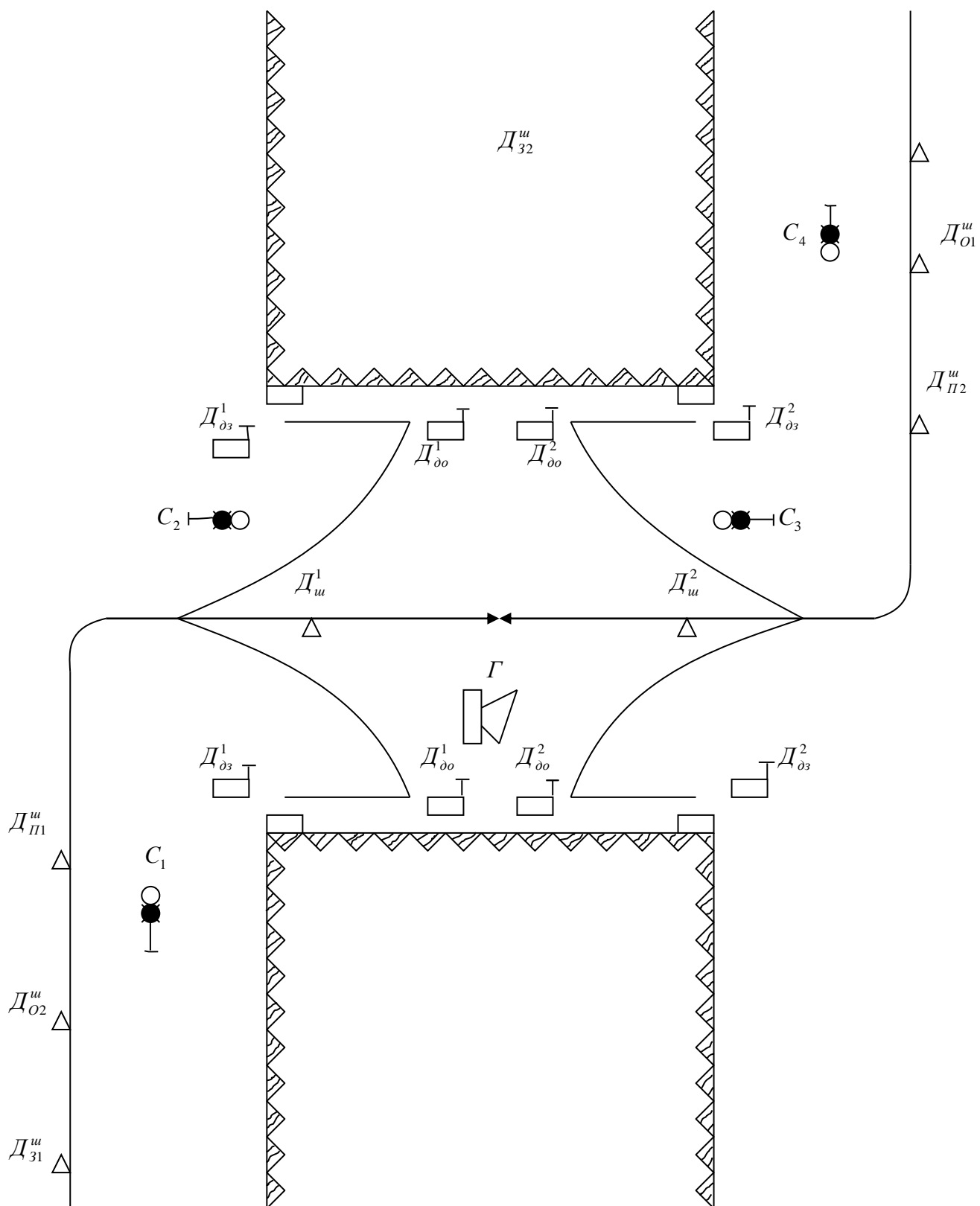


Рис. 1.1.1 Технологічна схема управління механізмами шлюзової установки шахти у складі СЦБ

У режимі автоматизованого пропуску транспорту робота системи відбувається наступним чином. У початковому стані двері шлюзу закриті. Світлофори C_1, C_2, C_3, C_4 висвітлюють червоне світло. При наїзді локомотива на D_{31}^u , сигнал від нього поступає у систему, яка переключає світлофор C_1 з червоного кольору на зелений, включає сигналізатор Γ і з витримкою в 3С розпочинається відкриття першої двері. У цей час на світлофорі C_2 розпочинається мигання червоного кольору, що показує машиністу на процес відкриття дверей. При повному відкриванні перших дверей спрацьовують датчики $D_{\partial o}^1$ і світлофор C_2 висвітлює зелений сигнал машиністу локомотива на можливість проїзду по шлюзу. Локомотив, проїжджаючи над датчиком переміни D_{Π}^u , переключить світлофор C_1 з зеленого світла на червоне. Після наїзду локомотива на датчик D_{Π}^1 , світлофор C_2 змінить зелене світло на червоне, а світлофор C_3 – червоне на червоне мигаюче. По цій же команді перші двері шлюзової установки розпочинають закриватися. Після їх закриття розпочинають відкриватися другі двері шлюзової установки. При відкритті других дверей шлюзової установки спрацьовують датчики $D_{\partial o}^2$, внаслідок чого червоне мигаюче світло світлофора C_3 зміниться на зелене постійне і локомотив може слідувати через шлюз. Якщо локомотив прослідує через датчик D_{O1}^u , то система подає команду на закриття другої шлюзової двері. Після її закриття спрацьовують датчики $D_{\partial 3}^2$, внаслідок чого виключається сигналізатор Γ і зелене світло світлофора C_3 змінюється на червоне. Тобто, шлюзова установка повертається у початковий стан.

Автоматизований пропуск локомотива через шлюз з другої сторони, використовуючи датчик запиту $D_{\partial 3}^2$, відбувається аналогічно описаному з тією різницею, що тепер першими відкриваються другі двері, а другими – перші двері.

1.2. Призначення та аналіз системи сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) у шахті

Рудничний електровозний транспорт є з'єднуючим ланцюгом між процесами добування корисних копалин і транспортуванням їх до поверхності шахти.

Вплив потягів на систему СЦБ відбувається через контактні датчики. Вихідними сигналами системи СЦБ є стрілочні переводи і світлофори, які за своїм призначенням розділяють на світлофори застереження, руху і углових заїздів [4, 5, 6].. Світлофори застереження крім функції дозволу і заборони дозволяють виконувати взаємний візуальний зв'язок між машиністом і оператором. При закінченні завантаження і запиту на рух до опрокидувача червона лампа на світлофорі і мнемосхемі пульта – табло розпочинає мигати . При сприйнятті оператором запиту, мигання лампи зупиняється і вона загоряється рівним світлом.

Одною з найбільш сучасних автоматичних транспортних систем управління стрілочними переводами і маршрутними сигналами на вугільних шахтах є серійна система автоматичного блокування стрілок і сигналів (АБСС – 2) [5] , яка виготовляється підприємством ”Червоний металіст”. Вона розрахована на оснащення колійного участку задовільної конфігурації, який має до шести маршрутів руху і трьох керованих стрілочних переводів. Система задовільняє подачу сигналів, які дозволяють або забороняють рух по данному маршруту, автоматичний перевід і контроль положення машиністом керованих стрілок в маршруті. Але дана система є релейно – контактною, громіздкою і енергоємною.

Серійно виготовляємих систем автоматичного управління шлюзовими пристроями шахт у даний час не існує. Для управління шлюзовими пристроями шахт найчастіше застосовують місцеве і аварійне управління від диспетчера. У даній роботі зроблена спроба за допомогою математичних моделей розробити систему автоматичного управління шлюзовими пристроями в складі систем сигналізації, централізації та блокування як невід’ємної до шлюзу системи.

1. 3. Розробка технічних вимог та алгоритмів управління механізмами шлюзового пристрою у складі СЦБ

Основними функціональними вимогами до автоматичної транспортної системи управління колійним рухом в шахті є :

1. Забезпечення освітлення забороняючих (червоних) сигналів світлофора при відсутності потягів на блок – майданчиках (вихідний стан);
2. Перемикання нормально – горящого червоного світла світлофора на дозволяюче (зелене рівного горіння) світло при запиті і відсутності на блок – майданчику потягу, який ворожий запитуєму або однойменного маршруту і положенню стрілочних переводів, відповідаючих заданному маршруту);
3. Перемикання зеленого світла світлофора на червоне після вступлення потягу на блок – майданчик (прослідкування датчика переміни);
4. Розділку маршруту після проїзду потягом блок – майданчика (наїзд на датчик розділки) ;
5. Неможливість задання ворожих маршрутів з моменту задання і до розділки (відбою) даного маршруту;
6. Вибір маршрута машиністом рухомого електропотягу або за допомогою місцевого кнопочного поста ;
7. Можливість одночасного задання і використання не ворогуючих маршрутів;

Виходячи із функціональних вимог до автоматичної транспортної СЦБ, алгоритм роботи її одного маршруту буде мати наступний зміст [6, 7, 8].

1. У початковому стані на блок – майданчику колійного руху світлофори повинні світитися червоним кольором.
2. При слідуванні потягу по одному із маршрутів і наїзді його на датчик запиту світлофор змінить червоний колір на зелений, якщо блок – майданчик, по якому слідує електровоз є не ворожим до будь – якого із маршрутів, які запрограмовані на цьому блок – майданчику, а стрілки виставлені системою у положення, яке відповідає даному маршруту, якщо положення стрілок не відповідає заданому маршруту, то на світлофорі висвітлюється зелений мигаючий сигнал, який

попереджає машиніста, що по його маршруту ще не виставлені стрілки в задане положення.

3. При слідуванні потягу по одному із маршрутів і наїзді його на відповідний датчик запиту світлофор змінить червоний колір на зелений, якщо блок – майданчик , по якому слідує електровоз є вільний від ворожих маршрутів і стрілки автоматично були виставлені системою в положення, яке відповідає даному маршруту. Якщо стрілки ще не виставлені в положення, яке відповідає заданому маршруту, то світлофор висвітлює зелений мигаючий сигнал, що є попередженням машиністу на не установленість стрілок згідно даного маршруту.

4. Якщо при виконанні п. 3 алгоритму світлофор змінює колір з червоного на червоний мигаючий, то це означає, що система прийняла запит потягу але в цей час на одному із ворожих маршрутів блок – майданчика знаходиться потяг і тому потягу, який підійшов до блок – майданчика необхідно почекати,поки червоний мигаючий колір світлофору не зміниться на зелений.

5. При наїзді потягу на датчик зміни, світлофор по даному маршруту змінює зелений колір на червоний. Якщо після цього послідує запит по даному другому маршруту, то світлофор змінить червоний колір на червоний мигаючий.

6. При наїзді потягу на датчик розділки і відсутності запиту по будь – якому маршруту система приходить в початковий стан п.1 алгоритму.

7. При наїзді потягу на датчик розділки і наявності запиту по будь – якому із ворожих маршрутів необхідно перейти до п.4 алгоритму.

Технологічна схема системи управління механізмами шлюзового пристрою у складі системи СЦБ ділянки шахти “ Нововолинська ” ВО ” Волиньвугілля ” приведена на рис. 1.3.1.

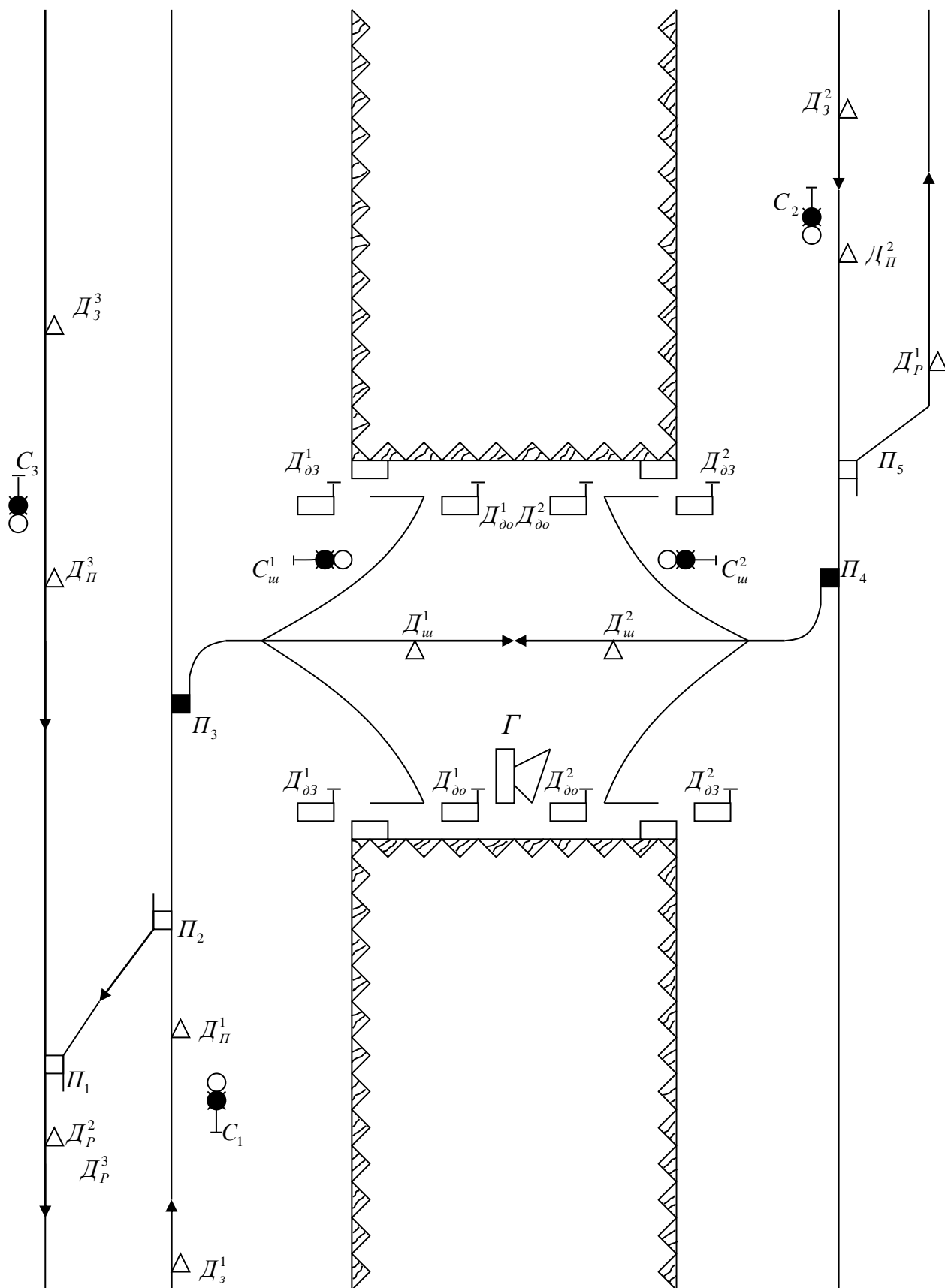


Рис.1.3.1. Технологічна схема управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ ділянки шахти “Нововолинська” ВО “Волиньвугілля”

На рис.1.3.1 прийняті наступні позначення:

D_3^1, D_3^2, D_3^3 – сигнали від датчиків запиту першого, другого і третього маршруту;

$D_{II}^1, D_{II}^2, D_{II}^3$ – сигнали від датчиків зміни першого, другого і третього маршруту;

D_P^1, D_P^2, D_P^3 – сигнали від датчиків розділки першого, другого і третього маршруту;

$D_{ш}^1, D_{ш}^2$ – сигнали від датчиків шлюзової установки;

$D_{до}^1, D_{до}^2$ – сигнал від датчиків відкритої першої і другої двері шлюза;

$D_{дз}^1, D_{дз}^2$ – сигнал від датчиків закритої першої і другої двері шлюза;

G – сигналізатор, який сповіщає про відкриття і закриття дверей шлюза;

C_1, C_2, C_3 – світлофори сигналізації, централізації та блокування;

$C_{ш}^1, C_{ш}^2$ – світлофори шлюза;

P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 – сигнали на приводи перевода стрілок у положення “+” і “-”.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ ШЛЮЗОВОЮ УСТАНОВКОЮ ШАХТИ У СКЛАДІ СЦБ

2.1. Розробка абстрактної математичної моделі електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ

Технологічна схема електронного пристрою управління механізмами шлюзової установки в складі СЦБ для ділянки шахти “Нововолинська” ВО “Волиньвугілля”, наведена на рис. 2.1.1.

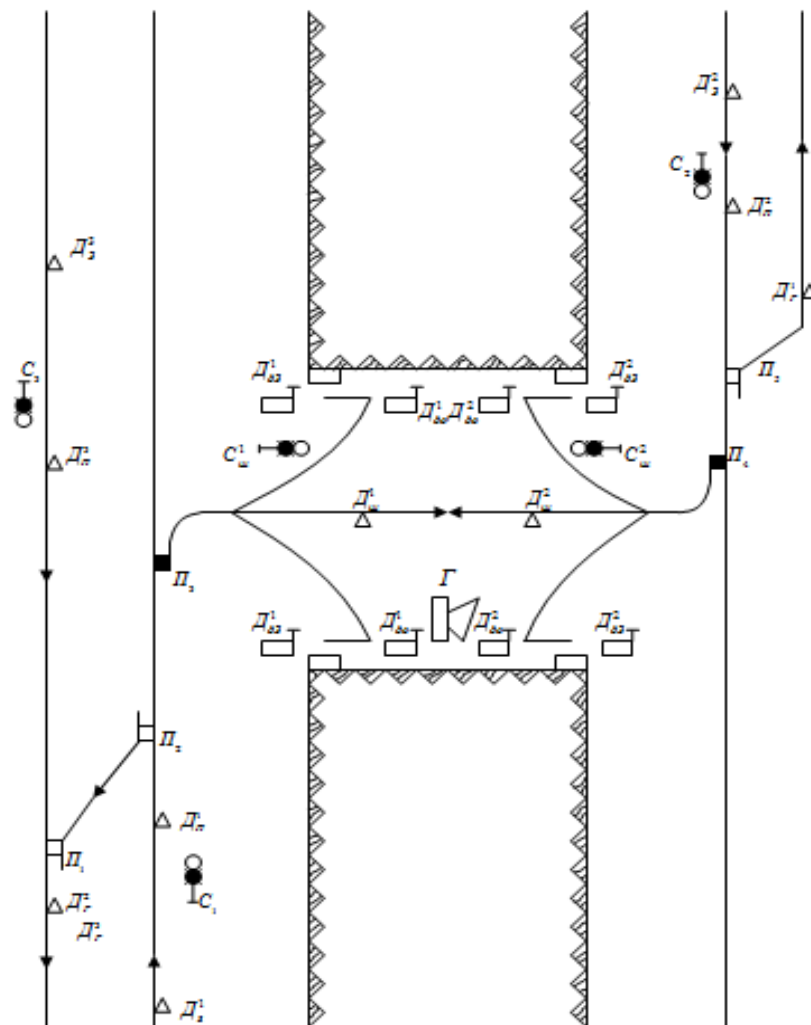


Рис.2.1.1. Технологічна схема електронного пристрою управління механізмами шлюзового пристрою у складі СЦБ для ділянки шахти “Нововолинська” ВО “Волиньвугілля”

На рис.2.1.1 прийняті наступні позначення:

D_3^1, D_3^2, D_3^3 – сигнали від датчиків запиту першого, другого і третього маршруту;

$D_{II}^1, D_{II}^2, D_{II}^3$ – сигнали від датчиків зміни першого, другого і третього маршруту;

D_P^1, D_P^2, D_P^3 – сигнали від датчиків розділки першого, другого і третього маршруту;

$D_{ш}^1, D_{ш}^2$ – сигнали від датчиків шлюзової установки;

$D_{до}^1, D_{до}^2$ – сигнал від датчиків відкритої першої і другої двері шлюза;

$D_{оз}^1, D_{оз}^2$ – сигнал від датчиків закритої першої і другої двері шлюза;

G – сигналізатор, який сповіщає про відкриття і закриття дверей шлюза;

C_1, C_2, C_3 – світлофори сигналізації, централізації та блокування;

$C_{ш}^1, C_{ш}^2$ – світлофори шлюза;

$\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4, \Pi_5$ – сигнали від приводів перевода стрілок в положення “+” і “-”.

Згідно заданої технологічної схеми, рис. 2.1.1, абстрактна математична модель, згідно [9, 10, 11], для електронного пристрою управління механізмами шлюзової установки шахи у складі СЦБ для ділянки шахти “ Нововолинська ” ВО ” Волиньвугілля ” першого маршруту буде мати вигляд, наведений на рис.2.1.2.

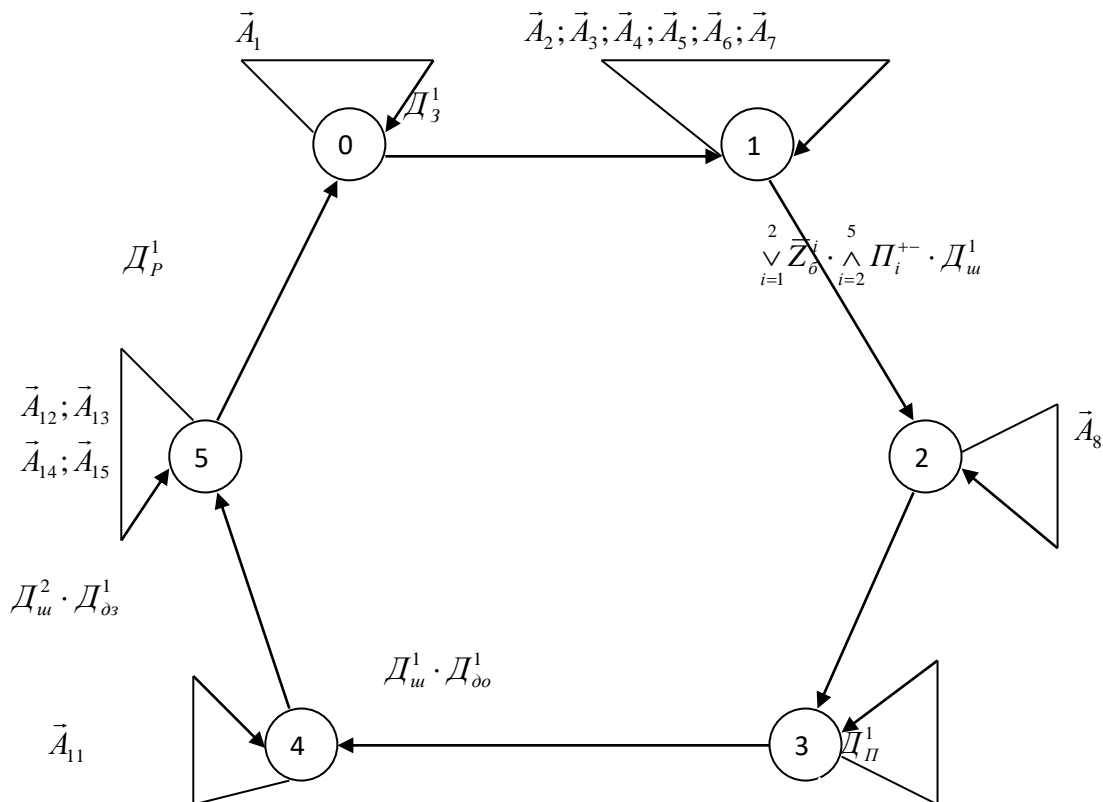


Рис.2.1.2. Абстрактна математична модель електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ для ділянки шахти “Нововолинська” ВО ”Волиньвугілля” першого маршруту

На рис. 2.1.2. прийняти наступні позначення:

$$\vec{A}_1 = \vec{D}_{\partial 3}^2 / Z_{\partial 3}^2, Z_{\Gamma}; Z_{C1}^K, Z_{C2}^K, Z_{C3}^K, Z_{u1}^K, Z_{u2}^K; \quad \vec{A}_2 = Z_{C2}^K \cdot Z_{C3}^K; Z_{u1}^K; Z_{u2}^K;$$

$$\vec{A}_3 = \left(\bigvee_{i=1}^2 D_{\partial}^i \right) \cdot \bar{\Pi}_3^+ / Z_{\Pi 3}^+; \quad \vec{A}_4 = \left(\bigvee_{i=1}^2 D_{\partial}^i \right) \cdot \bar{\Pi}_4^+ / Z_{\Pi 4}^+; \quad \vec{A}_5 = \left(\bigvee_{i=1}^2 D_{\partial}^i \right) \cdot \bar{\Pi}_5^+ / Z_{\Pi 5}^+;$$

$$\vec{A}_6 = \bigvee_{i=1}^2 D_{\partial}^i / Z_{C1}^{KM}; \quad \vec{A}_7 = \bigvee_{i=1}^2 D_{\partial}^i / Z_{C1}^3; \quad \vec{A}_8 = \vec{D}_{\partial 0}^2 \cdot D_{\partial 3}^2 / Z_{\partial 0}^1, Z_{\Gamma}, Z_{u1}^{KM}; Z_{C1}^3, Z_{C2}^K, Z_{C3}^K, Z_{u2}^K;$$

$$\vec{A}_9 = \vec{D}_{\partial 0}^1 \cdot D_{\partial 3}^2 / Z_{\partial 0}^1, Z_{\Gamma}, Z_{u1}^{KM}; Z_{C1}^K, Z_{C2}^K, Z_{C3}^K; \quad \vec{A}_{10} = \vec{D}_{\partial 0}^1 / Z_{u1}^3, Z_{u2}^K;$$

$$\vec{A}_{11} = \vec{D}_{\partial 3}^1 \cdot D_{\partial 3}^2 / Z_{\partial 3}^1, Z_{\Gamma}; Z_{C1}^K, Z_{C2}^K, Z_{C3}^K, Z_{u1}^K, Z_{u2}^K; \quad \vec{A}_{12} = Z_{C1}^K, Z_{C2}^K, Z_{C3}^K, Z_{u1}^K;$$

$$\vec{A}_{13} = \vec{D}_{\partial 0}^2 / Z_{\partial 0}^2; \quad \vec{A}_{14} = Z_{u2}^{KM}, Z_{\Gamma}; \quad \vec{A}_{15} = D_{\partial 0}^2 / Z_{u2}^3;$$

Згідно заданої технологічної схеми, рис. 2.1.1, абстрактна математична модель електронного пристрою управління механізмами шлюзової установки у складі СЦБ для другого маршруту буде мати вигляд, наведений на рис.2.1.3.

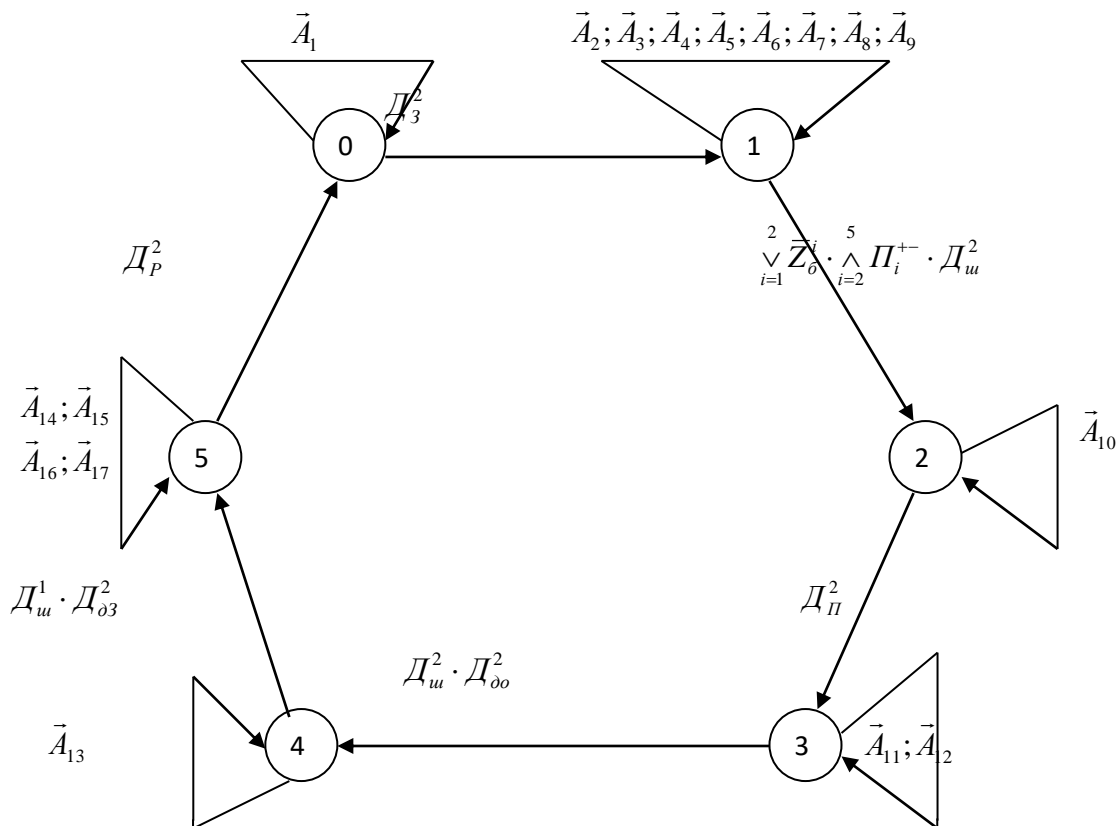


Рис.2.1.3. Абстрактна математична модель електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ для другого маршруту

На рис. 2.1.3. прийняти наступні позначення:

$$\vec{A}_1 = \bar{D}_{\partial 3}^1 / Z_{\partial 3}^1, Z_{\Gamma}; Z_{C1}^K, Z_{C2}^K, Z_{C3}^K, Z_{u1}^K, Z_{u2}^K; \vec{A}_2 = Z_{C1}^K \cdot Z_{C3}^K; Z_{u1}^K; Z_{u2}^K; \vec{A}_3 = \left(\bigvee_{i=1}^2 D_{\partial}^i \right) \cdot \bar{\Pi}_1^+ / Z_{\Pi 1}^+;$$

$$\vec{A}_4 = \left(\bigvee_{i=1}^2 D_{\partial}^i \right) \cdot \bar{\Pi}_2^+ / Z_{\Pi 2}^+; \vec{A}_5 = \left(\bigvee_{i=1}^2 D_{\partial}^i \right) \cdot \bar{\Pi}_3^+ / Z_{\Pi 3}^+; \vec{A}_6 = \left(\bigvee_{i=1}^2 D_{\partial}^i \right) \cdot \bar{\Pi}_4^+ / Z_{\Pi 4}^+; \vec{A}_7 = \left(\bigvee_{i=1}^2 D_{\partial}^i \right) \cdot \bar{\Pi}_5^+ / Z_{\Pi 5}^+;$$

$$\vec{A}_8 = \bigvee_{i=1}^2 D_{\partial}^i / Z_{C2}^{KM}; \vec{A}_9 = \bigvee_{i=1}^2 D_{\partial}^i / Z_{C2}^3; \vec{A}_{10} = \bar{D}_{\partial o}^2 \cdot D_{\partial 3}^1 / Z_{\partial o}^1, Z_{\Gamma}, Z_{u2}^{KM}; Z_{C2}^3, Z_{C1}^K, Z_{C3}^K, Z_{u1}^K;$$

$$\vec{A}_{11} = \bar{D}_{\partial o}^2 \cdot D_{\partial 3}^1 / Z_{\partial o}^2, Z_{\Gamma}, Z_{u2}^{KM}; Z_{C1}^K, Z_{C2}^K, Z_{C3}^K; \vec{A}_{12} = \bar{D}_{\partial o}^2 / Z_{u2}^3, Z_{u1}^K;$$

$$\vec{A}_{13} = \bar{D}_{\partial 3}^2 \cdot D_{\partial 3}^1 / Z_{\partial 3}^2, Z_{u2}^{KM}, Z_{\Gamma}; Z_{C1}^K, Z_{C2}^K, Z_{u1}^K; \vec{A}_{14} = Z_{C1}^K, Z_{C2}^K, Z_{C3}^K, Z_{u2}^K;$$

$$\vec{A}_{15} = \bar{D}_{\partial o}^1 / Z_{\partial o}^1; \vec{A}_{16} = Z_{u1}^{KM}, Z_{\Gamma}; \vec{A}_{17} = D_{\partial o}^1 / Z_{C1}^3;$$

Згідно заданої технологічної схеми, рис. 2.1.1, абстрактна математична модель електронного пристрою управління механізмами шлюзової установки у складі СЦБ для третього маршруту буде мати вигляд, наведений на рис.2.1.4.

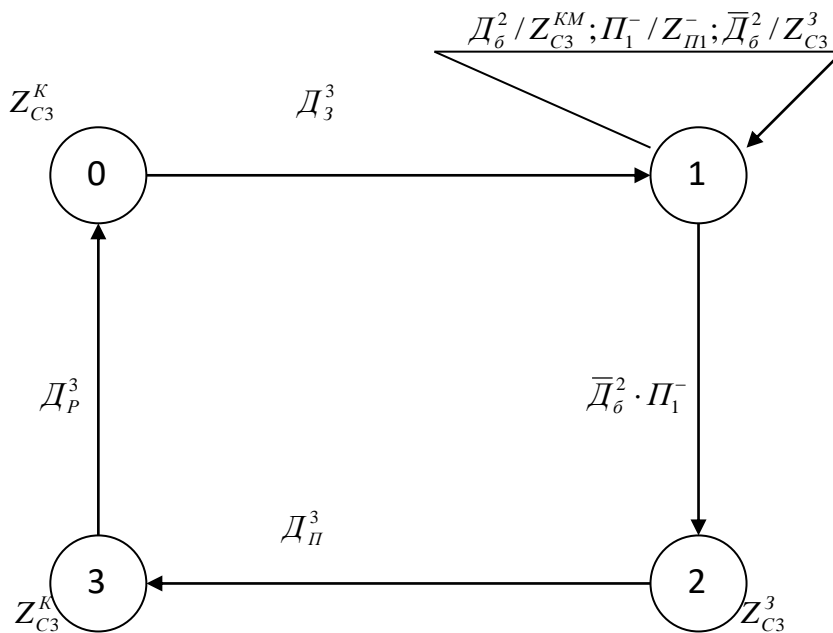


Рис.2.1.4. Абстрактна математична модель електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ для третього маршруту

У розроблених математичних моделях додатково до рис.2.1.4 прийняті наступні позначення:

$Z_{\partial o}^1, Z_{\partial o}^2$ – сигнали системи на відкриття першої і другої дверей шлюзу;

$Z_{\partial z}^1, Z_{\partial z}^2$ – сигнали системи на закриття першої і другої дверей шлюзу;

Z_{Γ} – сигнал системи на включення звукової сигналізації;

$Z_{C1}^K, Z_{C2}^K, Z_{C3}^K$ – сигнал системи на включення червоного кольору світлофора першого, другого і третього маршруту;

Z_{C2}^{KM}, Z_{C3}^{KM} – сигнали системи на включення червоного мигаючого кольору світлофора другого і третього маршруту;

$Z_{C1}^3, Z_{C2}^3, Z_{C3}^3$ – сигнали системи на включення зеленого світла світлофорів першого, другого і третього маршруту;

Z_{u1}^K, Z_{u2}^K – сигнал системи на включення червоного кольору світлофора першої, другої дверей шлюзу;

Z_{u1}^{KM}, Z_{u2}^{KM} – сигнал системи на включення червоного мигаючого кольору світлофора першої, другої дверей шлюзу;

Z_{u1}^3, Z_{u2}^3 – сигнал системи на включення зеленого кольору світлофора першої, другої дверей;

$Z_{\Pi 1}^+, Z_{\Pi 2}^+, Z_{\Pi 3}^+, Z_{\Pi 4}^+, Z_{\Pi 5}^+$ – сигнали системи на перевід першої, другої, третьої, четвертої і п'ятої стрілки в положення “+”;

$Z_{\Pi 1}^-, Z_{\Pi 2}^-, Z_{\Pi 3}^-, Z_{\Pi 4}^-, Z_{\Pi 5}^-$ – сигнали системи на перевід першої, другої, третьої, четвертої і п'ятої стрілки в положення “-”;

$\bigvee_{i=1}^2 Z_6^i$ – сигнал блокування, який поступає в систему від ворожих маршрутів;

$\bigwedge_{i=1}^5 \Pi_i$ – сумарний сигнал переведення стрілок по відповідному маршруту;

$\Pi_1^+, \Pi_2^+, \Pi_3^+, \Pi_4^+, \Pi_5^+$ – сигнали знаходження датчиків відповідних стрілок в положенні “+”;

$\Pi_1^-, \Pi_2^-, \Pi_3^-, \Pi_4^-, \Pi_5^-$ – сигнали знаходження датчиків відповідних стрілок в положенні “-”;

$\bigvee_{i=1}^2 D_o^i$ - сигнал блокування від ворожого маршруту який виступає в якості датчика в даному маршруті;

D_o^2 - сигнал блокування від ворожого другого маршруту.

Робота абстрактної математичної моделі в режимі першого маршруту відбувається наступним чином. При наїзді локомотива потягу на датчик D_z^1 пристрій з нульового стану перейде в стан перший, де світлофори C_2 , C_{u1} і C_{u2} засвітяться червоним кольором, а світлофор C_1 - зеленим, якщо не має на цей час ворожих маршрутів і червоним мигаючим, якщо вони є. У цьому стані, при відсутності ворожих маршрутів, відбувається перевід всіх стрілок маршруту в задане для маршруту положення. При встановленні стрілок в задане положення маршруту абстрактна математична модель з першого переходить у другий стан. У цьому стані пристрій видає сигнали : на відкриття перших дверей шлюзу; на включення звукового сигналізатора ; на включення червоного мигаючого кольору світлофора C_1 ; на включення червоного кольору світлофорів C_2 і C_{u2} .

При наїзді локомотива на датчик переміни D_n^1 пристрій переходить в третій стан, де продовжується відкриття перших дверей шлюзу, а також видачі червоного мигаючого сигналу на світлофорі C_u^1 . В цей час зелене світло C_1 змінюється на червоне. У стані три відбувається повне відкриття перших дверей шлюзу і мигаюче червоне світло світлофора C_u^1 змінюється на зелене.

Якщо локомотив слідує далі по шлюзу, то він наїжджає на датчик D_{u1}^1 і пристрій переходить у четвертий стан, де він видає сигнал на закриття першої двері шлюзу і при її закритті видає сигнал на відкриття другої двері шлюзу. У цьому стані зелене світло світлофора шлюзу C_m^1 змінюється на червоне і видається сигнал звукової сигналізації .

При закритих перших дверях шлюзу і наїзді локомотива на датчик D_{u1}^2 абстрактна математична модель із стану чотири переходить у стан п'ять. У цьому стані

відкриваються другі двері шлюзу, видається звукова сигналізація і червоне світло світлофору $C_{ш}^2$ змінюється на червоне мигаюче.

Якщо другі двері шлюзу відкриваються, то світлофор шлюзу $C_{ш}^2$ змінить червоне мигаюче світло на зелене, яке дозволяє рухатись локомотиву далі через шлюз.

При наїзді локомотива на датчик розділки першого маршруту абстрактна математична модель із стану п'ять переходить в початковий стан (стан 0). У цьому стані відбувається закриття другої двері шлюзу і під час їх закриття включення звукової сигналізації, а також переключення світлофора $C_{ш}^2$ з зеленого світла на червоне.

Робота абстрактної математичної моделі управління шлюзовою установкою в режимі управління другого маршруту аналогічна роботі моделі в режимі першого маршруту.

Робота абстрактної математичної моделі в режимі третього маршруту відбувається слідуєчим чином. У початковому стані (стан 0) електронний пристрій видає сигнал на висвітлення червоного кольору світлофора C_3 . При наїзді локомотива на датчик D_3^3 , електронний пристрій з початкового стану перейде в перший стан, у якому відбувається перевід стрілки P_1 у положення “_”, висвітлення зеленого світла світлофора C_3 , якщо в цей час відсутні маршрути ворожі до заданого або червоне мигаюче – якщо вони є.

При переводі стрілки P_1 в положення “_” і відсутності ворожих маршрутів математична модель із стану один перейде в стан два. У цьому стані висвітлюється зелене світло світлофора C_3 . При наїзді локомотива на датчик переміни D_n^3 електронний пристрій перейде із другого стану в третій, де світлофор змінює свічення з зеленого на червоний колір.

При наїзді локомотива на датчик розділки абстрактна математична модель перейде із стану три в початковий стан (стан 0).

2.2. Розробка структурної математичної моделі і канонічних рівнянь електронного пристрою управління механізмами шлюзової установки у складі СЦБ

Для побудови структурної математичної моделі управління шлюзовим пристроєм в режимі першого і другого маршруту використаємо її абстрактну математичну модель, стани яких закодуємо двійковим нормальним кодом слідуючим чином [12, 13, 14]:

$0 \rightarrow 000$; $1 \rightarrow 001$; $2 \rightarrow 011$; $3 \rightarrow 010$; $4 \rightarrow 110$; $5 \rightarrow 100$. Виходячи із цього згідно з [12] структурна математична модель шлюзової установки в режимі управління першим маршрутом матиме вигляд, наведений на рис.2.2.1

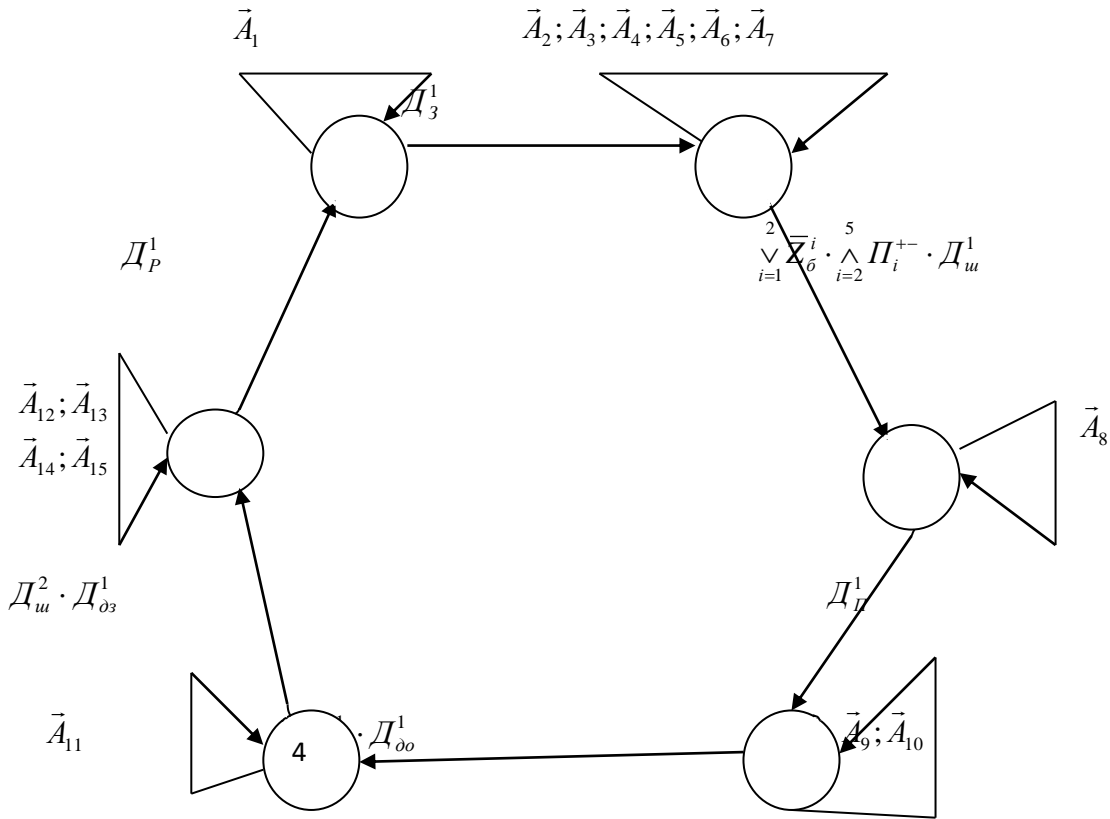


Рис.2.2.1. Структурна математична модель електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ для першого маршруту

$$\vec{A}_1 = \vec{D}_{\delta 3}^2 / Z_{\delta 3}^2, Z_{\Gamma}; Z_{C1}^K, Z_{C2}^K, Z_{C3}^K, Z_{u1}^K, Z_{u2}^K; \quad \vec{A}_2 = Z_{C2}^K \cdot Z_{C3}^K; Z_{u1}^K, Z_{u2}^K; \quad \vec{A}_3 = \left(\bigvee_{i=1}^2 \vec{D}_6^i \right) \cdot \vec{P}_3^+ / Z_{\Pi 3}^+;$$

$$\vec{A}_4 = \left(\bigvee_{i=1}^2 \vec{D}_6^i \right) \cdot \vec{P}_4^+ / Z_{\Pi 4}^+; \quad \vec{A}_5 = \left(\bigvee_{i=1}^2 \vec{D}_6^i \right) \cdot \vec{P}_5^+ / Z_{\Pi 5}^+; \quad \vec{A}_6 = \bigvee_{i=1}^2 \vec{D}_6^i / Z_{C1}^{KM}; \quad \vec{A}_7 = \bigvee_{i=1}^2 \vec{D}_6^i / Z_{C1}^3;$$

$$\vec{A}_8 = \vec{D}_{\delta o}^2 \cdot \vec{D}_{\delta 3}^2 / Z_{\delta o}^1, Z_{\Gamma}, Z_{u1}^{KM}; Z_{C1}^3, Z_{C2}^K, Z_{C3}^K, Z_{u2}^K; \quad \vec{A}_9 = \vec{D}_{\delta o}^1 \cdot \vec{D}_{\delta 3}^2 / Z_{\delta o}^1, Z_{\Gamma}, Z_{u1}^{KM}; Z_{C1}^K, Z_{C2}^K, Z_{C3}^K;$$

$$\vec{A}_{10} = \vec{D}_{\partial o}^1 / Z_{u1}^3, Z_{u2}^K; \quad \vec{A}_{11} = \vec{D}_{\partial 3}^1 \cdot \vec{D}_{\partial 3}^2 / Z_{\partial 3}^1, Z_{\Gamma}; Z_{C1}^K, Z_{C2}^K, Z_{C3}^K, Z_{u1}^K, Z_{u2}^K; \quad \vec{A}_{12} = Z_{C1}^K, Z_{C2}^K, Z_{C3}^K, Z_{u1}^K; \\ \vec{A}_{13} = \vec{D}_{\partial o}^2 / Z_{\partial o}^2; \quad \vec{A}_{14} = Z_{u2}^{KM}, Z_{\Gamma}; \quad \vec{A}_{15} = \vec{D}_{\partial o}^2 / Z_{u2}^3;$$

Виходячи із кодування наведеного вище для першого маршруту, структурна математична модель шлюзової установки в режимі управління другим маршрутом матиме вигляд, наведений на рис.2.2.2.

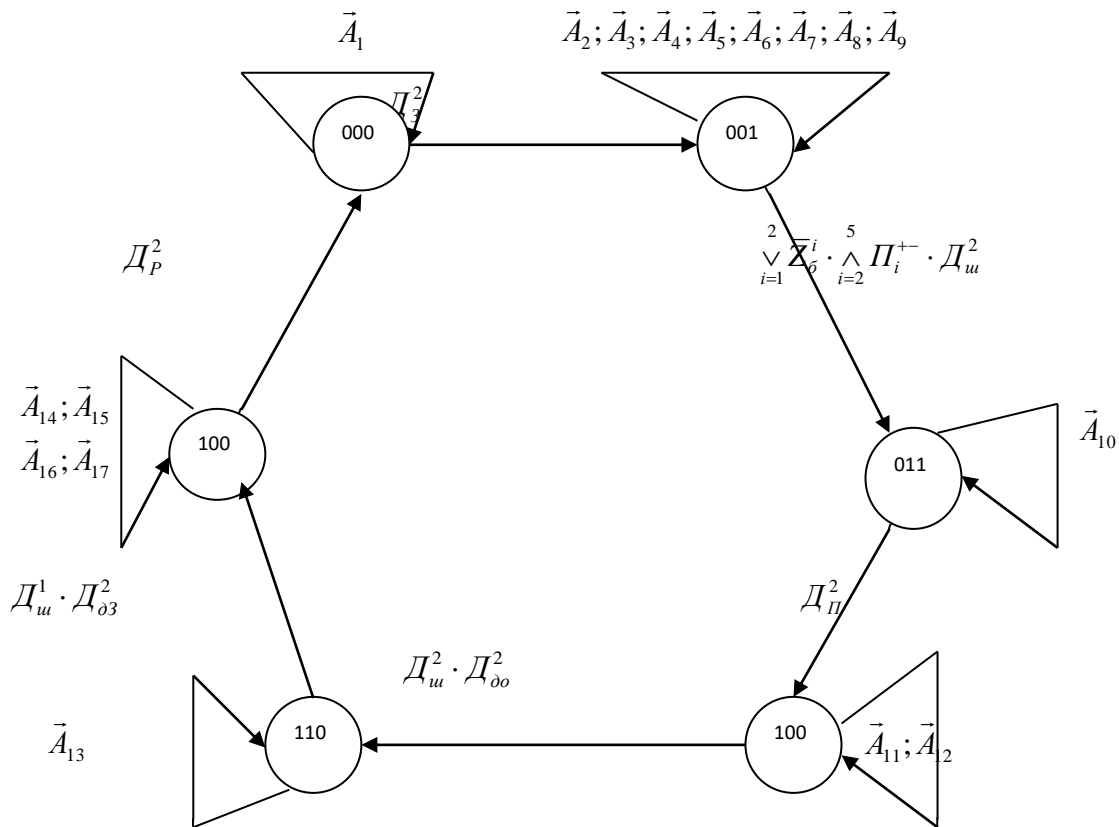


Рис.2.2.2. Структурна математична модель електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ для другого маршруту

Для побудови структурної математичної моделі електронного пристрою в режимі управління третім маршрутом, використаємо її абстрактну математичну модель, стани якої закодуємо двійковим нормальним кодом наступним чином:

0→00; 1→01; 2→11; 3→10;

Виходячи із цього структурна математична модель буде мати вигляд, наведений на рис.2.2.3.

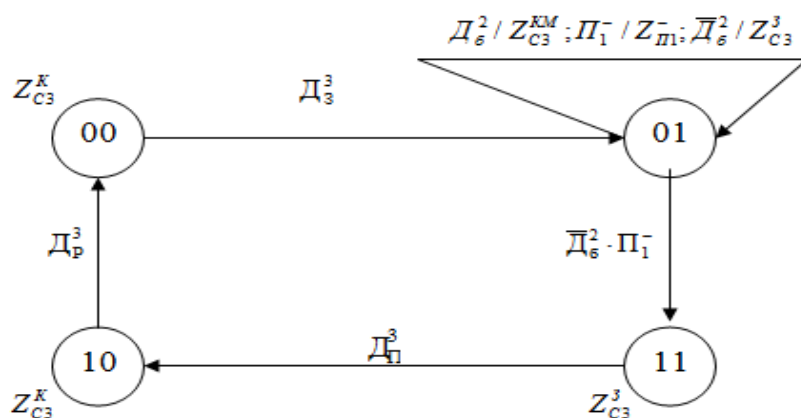


Рис.2.2.3. Структурна математична модель електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ для третього маршруту

Для отримання канонічних рівнянь електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ, побудуємо об'єднані таблиці переходів і виходів для кожного із маршрутів.

Таблиця переходів і виходів для маршрута №1, табл.2.2.1.

Таблиця 2.2.1

Z(t)	$Z_{C1}^K; Z_{C2}^K; Z_{C3}^K$ $Z_{u1}^K; Z_{u2}^K$	$Z_{C2}^K; Z_{C3}^K$ $Z_{u1}^K; Z_{u2}^K$	$Z_{C1}^3; Z_{C2}^K; Z_{C3}^K$ Z_{u2}^K	$Z_{C1}^K; Z_{C2}^K; Z_{C3}^K$ Z_{u2}^K	$Z_{C1}^K; Z_{C2}^K; Z_{C3}^K$ Z_{u1}^K	$Z_{C1}^K; Z_{C2}^K; Z_{C3}^K$ Z_{u1}^K
y(t)	000	001	011	010	110	100
D_3^1	001					
D_m^1		011				
D_n^1			010			
$D_{u1}^1 \cdot D_{o0}^1$				110		
$D_{u1}^2 \cdot D_{o3}^1$					100	
D_P^1						000
\bar{D}_{o3}^2	$Z_{o3}^2; Z_{\Gamma}$					
$\left(\bigvee_{i=1}^2 D_o^i \right) \cdot \bar{\Pi}_3^+$		$\bar{\Pi}_3^+$				

$\left(\bigvee_{i=1}^2 \mathcal{D}_{\delta}^i\right) \cdot \bar{\Pi}_4^+$		$\bar{\Pi}_4^+$				
$\left(\bigvee_{i=1}^2 \mathcal{D}_{\delta}^i\right) \cdot \bar{\Pi}_5^+$		$\bar{\Pi}_5^+$				
$\bigvee_{i=1}^2 \mathcal{D}_{\delta}^i$		Z_{C1}^{KM}				
$\bigvee_{i=1}^2 \bar{\mathcal{D}}_{\delta}^i$		Z_{C1}^3				
$\bar{\mathcal{D}}_{\delta o}^1 \cdot \mathcal{D}_{\delta 3}^2$			$Z_{\delta o}^1; Z_{\Gamma}; Z_{u1}^{KM}$	$Z_{\delta o}^1; Z_{\Gamma}; Z_{u1}^{KM}$		
$\mathcal{D}_{\delta o}^1$				Z_{u1}^3		
$\bar{\mathcal{D}}_{\delta 3}^1 \cdot \mathcal{D}_{\delta 3}^2$					$Z_{\delta 3}^1; Z_{\Gamma}$	
$\bar{\mathcal{D}}_{\delta o}^2$						$Z_{\delta o}^2; Z_{u2}^{KM}; Z_{\Gamma}$
$\mathcal{D}_{\delta o}^2$						Z_{u2}^3

Таблиця переходів і виходів для маршрута №2, табл.2.2.2.

Таблиця 2.2.2.

$Z(t)$	$Z_{C1}^K; Z_{C2}^K; Z_{C3}^K$ $Z_{u1}^K; Z_{u2}^K$	$Z_{C1}^K; Z_{C3}^K$ $Z_{u1}^K; Z_{u2}^K$	$Z_{C2}^3; Z_{C2}^K; Z_{C3}^K$ Z_{u1}^K	$Z_{C1}^K; Z_{C2}^K; Z_{C3}^K$ Z_{u1}^K	$Z_{C1}^K; Z_{C2}^K$ Z_{u1}^K	$Z_{C1}^K; Z_{C2}^K; Z_{C3}^K$ Z_{u2}^K
$y(t)$	000	001	011	010	110	100
\mathcal{D}_3^2	001					
$\left(\bigvee_{i=1}^2 Z_{\delta}^i\right) \times$ $\times \left(\bigwedge_{i=1}^5 \Pi_i^{+-}\right) \times$ $\times \mathcal{D}_{u1}^2$		011				
\mathcal{D}_{Π}^2			010			
$\mathcal{D}_{u1}^2 \cdot \mathcal{D}_{\delta o}^2$				110		
$\mathcal{D}_{u1}^1 \cdot \mathcal{D}_{\delta 3}^2$					100	
\mathcal{D}_P^2						000
$\bar{\mathcal{D}}_{\delta 3}^1$	$Z_{\delta 3}^2; Z_{\Gamma}$					
$\left(\bigvee_{i=1}^2 \mathcal{D}_{\delta}^i\right) \cdot \bar{\Pi}_1^+$		$\bar{\Pi}_1^+$				

$\left(\bigvee_{i=1}^2 \mathcal{D}_6^i\right) \cdot \bar{\Pi}_2^+$		$\bar{\Pi}_2^+$				
$\left(\bigvee_{i=1}^2 \mathcal{D}_6^i\right) \cdot \bar{\Pi}_3^+$		$\bar{\Pi}_3^+$				
$\left(\bigvee_{i=1}^2 \mathcal{D}_6^i\right) \cdot \bar{\Pi}_4^+$		$\bar{\Pi}_4^+$				
$\left(\bigvee_{i=1}^2 \mathcal{D}_6^i\right) \cdot \bar{\Pi}_5^+$		$\bar{\Pi}_5^+$				
$\bigvee_{i=1}^2 \mathcal{D}_6^i$		Z_{C2}^{KM}				
$\bigvee_{i=1}^2 \bar{\mathcal{D}}_6^i$		Z_{C2}^3				
$\bar{\mathcal{D}}_{\partial o}^2 \cdot \mathcal{D}_{\partial 3}^1$			$Z_{\partial o}^1; Z_{\Gamma}; Z_{u2}^{KM}$	$Z_{\partial o}^1; Z_{\Gamma}; Z_{u2}^{KM}$		
$\bar{\mathcal{D}}_{\partial o}^2$				Z_{u2}^3		
$\mathcal{D}_{\partial o}^1$						Z_{u1}^3

Таблиця переходів і виходів для маршрута №3, табл.2.2.3.

Таблиця 2.2.3

$Z(t)$	Z_{C3}^K		Z_{C3}^3	Z_{C3}^K
$y(t)$				
$\mathcal{D}(t)$	00	01	11	10
\mathcal{D}_3^3	01			
$\bar{\mathcal{D}}_6^2 \cdot \Pi_1^-$		11		
\mathcal{D}_{Π}^3			10	
\mathcal{D}_P^3				00
\mathcal{D}_6^2		Z_{C3}^{KM}		
$\bar{\Pi}_1^-$		$Z_{\Pi 1}^-$		
$\bar{\mathcal{D}}_6^2$		Z_{C3}^3		

Канонічні рівняння роботи системи управління механізмами шлюзового пристрою у складі СЦБ будуть мати наступний вигляд:

1) для маршруту №1

$$\varphi_1^1 = D_3^1 \cdot \bar{y}_2 \bar{y}_3; \quad \psi_1^0 = D_{\Pi}^1 \cdot y_2 \bar{y}_3; \quad \varphi_2^1 = \left(\bigvee_{i=1}^2 Z_6^i \right) \cdot \left(\bigwedge_{i=1}^5 \Pi_i^{+-} \right) \cdot D_{uu}^1 \cdot y_1 \bar{y}_3; \quad \psi_2^0 = D_{uu}^2 \cdot D_{\partial 3}^1 \cdot \bar{y}_1 y_3;$$

$$\varphi_3^1 = D_{uu}^1 \cdot D_{\partial o}^1 \cdot y_2 \bar{y}_1; \quad \psi_3^0 = D_P^1 \cdot \bar{y}_1 \bar{y}_2;$$

$$Z_{C1}^K = \bar{y}_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 y_3 \vee \bar{y}_1 \bar{y}_2 y_3;$$

$$Z_{C2}^K = \bar{y}_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee y_1 y_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 y_3 \vee \bar{y}_1 \bar{y}_2 y_3;$$

$$Z_{C3}^K = \bar{y}_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee y_1 y_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 y_3 \vee \bar{y}_1 \bar{y}_2 y_3;$$

$$Z_{C1}^{KM} = \left(\bigvee_{i=1}^2 D_6^i \right) \cdot y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3; \quad Z_{C1}^3 = \left(\bigvee_{i=1}^2 \bar{D}_6^i \right) \cdot y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3;$$

$$Z_{u1}^K = \bar{y}_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee y_1 y_2 \bar{y}_3; \quad Z_{u1}^{KM} = \bar{D}_{\partial o}^1 \cdot D_{\partial 3}^2 \cdot (y_1 y_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 \bar{y}_3);$$

$$Z_{u2}^K = \bar{y}_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee y_1 y_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 y_3; \quad Z_{u2}^{KM} = \bar{D}_{\partial o}^2 \cdot \bar{y}_1 \bar{y}_2 y_3;$$

$$Z_{u1}^3 = D_{\partial o}^1 \cdot \bar{y}_1 y_2 \bar{y}_3; \quad Z_{u2}^3 = D_{\partial o}^2 \cdot \bar{y}_1 \bar{y}_2 y_3;$$

$$Z_{\Gamma} = \bar{D}_{\partial 3}^2 \cdot \bar{y}_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee \bar{D}_{\partial o}^1 \cdot D_{\partial 3}^2 \cdot (y_1 y_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 \bar{y}_3) \vee \bar{D}_{\partial 3}^1 \cdot D_{\partial 3}^2 \cdot \bar{y}_1 y_2 y_3 \vee \bar{D}_{\partial o}^2 \cdot \bar{y}_1 \bar{y}_2 y_3;$$

$$Z_{u2}^3 = D_{\partial o}^2 \cdot \bar{y}_1 \bar{y}_2 y_3; \quad Z_{\partial o}^1 = \bar{D}_{\partial o}^1 \cdot D_{\partial 3}^2 \cdot (y_1 y_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 \bar{y}_3); \quad Z_{\partial o}^2 = \bar{D}_{\partial o}^2 \cdot \bar{y}_1 \bar{y}_2 y_3;$$

$$Z_{\partial 3}^1 = \bar{D}_{\partial 3}^1 \cdot D_{\partial 3}^2 \cdot \bar{y}_1 y_2 y_3; \quad Z_{\partial 3}^2 = \bar{D}_{\partial 3}^2 \cdot \bar{y}_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3;$$

$$Z_{\Pi 3}^+ = \left(\bigvee_{i=1}^2 \bar{D}_6^i \right) \cdot \bar{\Pi}_3^+ \cdot y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3; \quad Z_{\Pi 4}^+ = \left(\bigvee_{i=1}^2 \bar{D}_6^i \right) \cdot \bar{\Pi}_4^+ \cdot y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3; \quad Z_{\Pi 5}^+ = \left(\bigvee_{i=1}^2 \bar{D}_6^i \right) \cdot \bar{\Pi}_5^+ \cdot y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3;$$

2) для маршруту №2

$$\varphi_1^1 = D_3^2 \cdot \bar{y}_2 \bar{y}_3; \quad \psi_1^0 = D_{\Pi}^2 \cdot y_2 \bar{y}_3; \quad \varphi_2^1 = \left(\bigvee_{i=1}^2 Z_6^i \right) \cdot \left(\bigwedge_{i=1}^5 \Pi_i^{+-} \right) \cdot D_{uu}^2 \cdot y_1 \bar{y}_3; \quad \psi_2^0 = D_{uu}^1 \cdot D_{\partial 3}^2 \cdot \bar{y}_1 y_3;$$

$$\varphi_3^1 = D_{uu}^2 \cdot D_{\partial o}^2 \cdot y_2 \bar{y}_1; \quad \psi_3^0 = D_P^2 \cdot \bar{y}_1 \bar{y}_2; \quad Z_{C1}^K = \bar{y}_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee y_1 y_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 y_3 \vee \bar{y}_1 \bar{y}_2 y_3;$$

$$Z_{C2}^K = \bar{y}_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 y_3 \vee \bar{y}_1 \bar{y}_2 y_3; \quad Z_{C3}^K = \bar{y}_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee y_1 y_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 y_3 \vee \bar{y}_1 \bar{y}_2 y_3;$$

$$Z_{C2}^3 = y_1 y_2 \bar{y}_3;$$

$$Z_{u1}^K = \bar{y}_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee y_1 y_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 y_3;$$

$$Z_{u2}^K = \bar{y}_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 \bar{y}_2 y_3;$$

$$Z_{u1}^{KM} = \bar{D}_{\partial o}^1 \cdot \bar{y}_1 \bar{y}_2 y_3; \quad Z_{u2}^{KM} = \bar{D}_{\partial o}^2 \cdot D_{\partial 3}^1 \cdot (y_1 y_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 \bar{y}_3) \vee \bar{D}_{\partial 3}^2 \cdot D_{\partial 3}^1 \cdot \bar{y}_1 y_2 y_3;$$

$$Z_{u1}^3 = D_{\partial o}^1 \cdot y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3; \quad Z_{u2}^3 = \bar{D}_{\partial o}^2 \cdot \bar{y}_1 y_2 \bar{y}_3;$$

$$Z_{\Gamma} = \bar{D}_{\partial 3}^1 \cdot \bar{y}_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3 \vee \bar{D}_{\partial o}^2 \cdot D_{\partial 3}^1 \cdot (y_1 y_2 \bar{y}_3 \vee \bar{y}_1 y_2 \bar{y}_3) \vee \bar{D}_{\partial 3}^2 \cdot D_{\partial 3}^1 \cdot \bar{y}_1 y_2 y_3 \vee \bar{D}_{\partial o}^1 \cdot \bar{y}_1 \bar{y}_2 y_3;$$

$$Z_{\Pi 1}^+ = \left(\bigvee_{i=1}^2 \bar{D}_6^i \right) \cdot \bar{\Pi}_1^+ \cdot y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3; \quad Z_{\Pi 2}^+ = \left(\bigvee_{i=1}^2 \bar{D}_6^i \right) \cdot \bar{\Pi}_2^+ \cdot y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3; \quad Z_{\Pi 3}^+ = \left(\bigvee_{i=1}^2 \bar{D}_6^i \right) \cdot \bar{\Pi}_3^+ \cdot y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3;$$

$$Z_{\Pi 4}^{+} = \left(\bigvee_{i=1}^2 \bar{D}_6^i \right) \cdot \bar{P}_4^{+} \cdot y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3; \quad Z_{\Pi 5}^{-} = \left(\bigvee_{i=1}^2 \bar{D}_6^i \right) \cdot \bar{P}_5^{-} \cdot y_1 \bar{y}_2 \bar{y}_3;$$

3) для маршруту №3

$$\varphi_1^1 = D_3^3 \cdot \bar{y}_2; \quad \psi_1^0 = D_{\Pi}^3 \cdot y_2; \quad \varphi_2^1 = \bar{D}_6^2 \cdot \Pi_1^{-} \cdot y_1; \quad \psi_2^0 = D_P^3 \cdot \bar{y}_1;$$

$$Z_{C3}^K = \bar{y}_1 \bar{y}_2 y_3 \vee \bar{y}_1 y_2; \quad Z_{C3}^{KM} = D_6^2 \cdot y_1; \quad Z_{C3}^3 = \bar{D}_6^2 \cdot y_1 \vee y_1 y_2; \quad Z_{\Pi 1}^{-} = \bar{\Pi}_1^{-} \cdot y_1;$$

У канонічних рівняннях прийняті наступні позначення:

$\varphi_1^1, \varphi_2^1, \varphi_3^1$ – функція включення відповідних елементів пам’яті (запис у них сигналу “1”);

$\varphi_1^1, \varphi_2^0, \varphi_3^0$ – функція виключення відповідних елементів пам’яті (запис у них сигналу “0”);

y_1, y_2, y_3 – сигнали виходу відповідних елементів пам’яті.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ ШЛЮЗОВОЮ УСТАНОВКОЮ ШАХТИ У СКЛАДІ СЦБ

3.1. Аналіз і вибір контролерів для управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ

Програмовані логічні контролери фірми OMRON, рис.3.1.1, мають високе технічне виконання в сукупності з невеликими їх розмірами забезпечують широке застосування в пакувальних машинах, конвеєрах, багато функціональних технологічних агрегатах малого й середнього класу.



Рис.3.1.1 Контролер OMRON

Програмовані контролери серії "ЕС" й "MICRO EH", рис.3.1.2, мають компактне, моноблочне виконання. Призначені для керування невеликими й середніми системами автоматизації й найпростішим устаткуванням. У межах однієї серії контролери можуть підключатися каскадно.

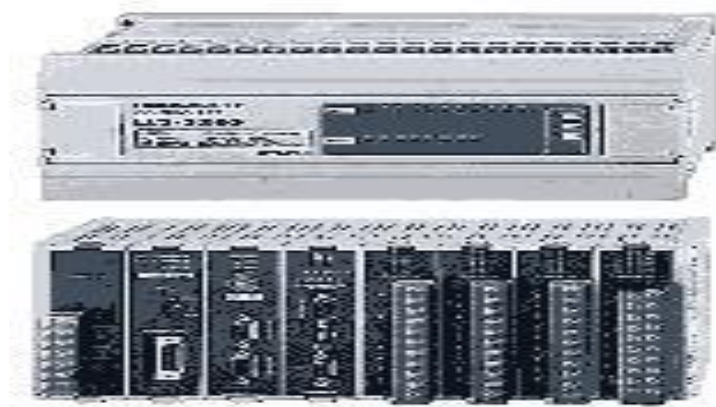


Рис.3.1.2. Програмовані контролери серій "ЕС", "EH" фірми HІTACHI

Компанія Unitronics, рис.3.1.3, у новій серії малогабаритних програмованих логічних контролерів з інтегрованою панеллю оператора пропонує широкий спектр контролерів для об'єктів різної складності [15].



Рис.3.1.3. Контролери Unitronics

Контролер Unitronics M90 - це контролер розміром 96 x 96 x 64 мм що має 16 - розрядний дисплей і клавіатуру введення з 15 клавішами. Клавіатура забезпечує налаштування системи і зміну значень внутрішніх змінних. Повідомлення на дисплеї може вільно програмуватися, що забезпечує виведення системної інформації і аварійних повідомлень [15, 16].

Серія M90 має 7 різних модифікацій, що розрізняються по входам і виходам. Є цифрові входи і виходи, а також лічильники і релейні виходи.

Корпус M90 розрахований на панельний монтаж відповідно до норм DIN шини. Функція промислової шини забезпечує з'єднання до 64 контролерів M90 через CAN-шину. Ця мережа управляється комп'ютером через інтерфейс RS-232. Для цього є DDE-сервер обміну даних. Ці якості "M90" забезпечують йому гнучкість для контролю за часом і станом навколишнього середовища, в якому відбуваються технологічні процеси.

Програмне забезпечення, що поставляється з контролером, забезпечує програмування M90 і інтерфейсу "людина-машина" в програмному середовищі U90 Ladder.

Кожен контролер M90 (окрім M90 - B1A) оснащений портом розширення,

до якого можна під'єднувати до 8 модулів розширення, рис 3.1.4. Вони забезпечують збільшення кількості входів та виходів контролера.



Рис. 3.1.4. Модуль розширення

Із наведених контролерів найбільше підходить для управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ, що реалізують канонічні рівняння її роботи Контролер Unitronics M90 і програмні застосування HMI-інтерфейса створюється на персональному комп'ютері, використовуючи для цього, зовнішній вигляд якого наведений на рис. 3.1.5 [16].



Рис.3.1.5. Контролер

3.2. Вибір ефективної мови програмування для реалізації пристрою управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ

Контролер Unitronics M90 і програмні застосування HMI-інтерфейса створюється на персональному комп'ютері, використовуючи для цього

програмне забезпечення U90 Ladder, що працює в операційній системі Windows 95, 98 або NT 4.0. M90 програмується за допомогою Ladder Logic.

Програмне застосування контролера Unitronics M90 - це програма, яка виконується в M90. Вона дозволяє M90 реалізувати свої функції управління.

Програмне застосування НМІ-інтерфейса налаштовує параметри роботи інтерфейсу оператора M90 для:

- налаштування функцій за допомогою клавішної панелі M90;
- створення і виведення на ЖК-дисплей M90 повідомлень.

Після підготовки своєї програми, вона завантажується в контролер Unitronics M90.

Редактор U90 Ladder використовується для створення мереж багатоланкової схеми, які формують основу додатку (програми).

Мережі багатоланкової схеми складені з різних типів елементів:

- контактів (стан або умова);
- котушок (результат або вираз логічної операції.);
- функціональних блоків(математичні функції, функції порівняння, логічні функції, функції часу).

Блок функції Indirect Year пов'язаний з двома послідовними МІ або SІ. Значення в ці МІ і SІ вводяться користувачем через допоміжну клавіатуру. Якщо системний час контролера знаходиться в заданому інтервалі часу то струм тектиме через функціональний блок. Якщо системний час контролера не потрапляє в цей інтервал то струм не тектиме через функціональний блок.

System Bits - біти операційної системи. Біти системи зарезервовані операційною системою для певних функцій. Деякі System Bit пов'язані з клавішами M90 допоміжної клавіатури (SB40 - SB53).

Є 256 System Bits (адреси SB 0 - SB 255).

Приклад:

- SB 80: активізує лінеаризацію;
- SB 200 -SB 215: M90 мережевий операнд.

Memory Integers - цей тип операндів може використовуватися програмістом для написання програми.

Є 256 Memory Integers (адреси MI0 - MI255).

У Memory Integers можна записати цілочисельне значення від -32768 до +32767.

Memory Bits –цей тип операндів може використовуватися програмістом для написання програми.

Є 256 Memory Bits (адреси MB0 - MB255) .

Memory Bits можуть набувати значення 0 або 1.

Timers - цей тип операндів може використовуватися програмістом для написання програми без обмежень.

U90 Ladder підтримує до 64 таймерів затримки (T0 - T63).

Input - цей тип операндів використовуються для створення програми.

Число Input змінюється залежно від моделі M90.

Output - цей тип операндів використовуються для створення програми.

Число Output змінюється залежно від моделі M90.

Лістинг програми пристрою приведено у додатку А.

Інформаційний режим контролера Unitronics M90

Інформаційний режим дозволяє відображати і редагувати деякі системні дані, і виконувати деякі заздалегідь встановлені дії. У цьому режимі системні дані відображаються на екрані M90 і можуть редагуватися через M90 клавіатуру.

У інформаційний режим можна перейти у будь-який час. Перегляд і редагування системних даних не зачіпає програму в M90.

Щоб перейти в інформаційний режим, натисніть на клавішу “I” протягом декількох секунд. Список нижче показує категорії інформації, до яких є доступ.

Використовуючи інформаційний режим, можна подивитися:

- стан вводу-виводу;
- аналогові вхідні сигнали (робочий діапазон і поточне значення);
- значення лічильника;
- стан MB і SB;
- поточні значення MI і SI;

- таймери: поточне значення таймера, заздалегідь встановлене значення і стан таймера;
- ID номер M90;
- RS-232 параметри;
- час і дата;
- інформація про систему.

У цьому режимі можна зупинити роботу програми, перезапустити її або скинути МВ і МІ.

Сервери вводу/виводу для контролерів Unitronics M90

Збір сигналів з промислової апаратури зазвичай здійснюється таким чином: датчики і виконавчі механізми підключаються до промислових контролерів, а ті, у свою чергу, до персональних комп'ютерів.

Фізично зв'язок комп'ютера і контролера може здійснюватися різними шляхами - наприклад через RS-232, 422, RS-485 порти, CAN, Ethernet, Devicenet або по радіо і базуватися на різних протоколах обміну інформацією - Modbus, Bitbus, і так далі .

Найчастіше протокол обміну (програма) з контролером розробляється фірмою - виробником контролера і не доступна користувачам. Така програма зв'язку, контролера і ПК, називається "сервером" або "драйвером вводу-виводу". Саме вона, знаючи протокол обміну з контролером, дозволяє отримувати до нього доступ (керувати контролером, читати значення внутрішніх змінних і записувати нові значення) із зовнішніх програм.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було поставлене завдання розробити електронний пристрій управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ з використанням сучасних засобів мікроелектроніки. Даний електронний пристрій розроблений з використанням теорії автоматів, теорії комп'ютерної логіки, теорії алгоритмів, теорії графів та застосування контролерів M90-TA2-CAN.

У процесі кваліфікаційної роботи були розроблені технічні вимоги, алгоритми для управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ.

На підставі розроблених алгоритмів були розроблені абстрактні та структурні математичні моделі, на основі яких, використовуючи теорію автоматів, отримані канонічні рівняння управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ. Аналіз отриманих канонічних рівнянь показав, що по їх кількості і складності реалізацію їх найкраще виконати, використовуючи контролери. У кваліфікаційній роботі показано, що у якості таких контролерів найкраще підходять контролери марки M90-TA2-CAN. На основі цих контролерів був розроблений електронний пристрій управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ.

Розробка даної кваліфікаційної роботи показала можливість проектування електронних пристроїв управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ з використанням теорії автоматів і комп'ютерної логіки, що в свою чергу дало можливість застосовувати сучасну елементну базу, наприклад, контролери марки M90-TA2-CAN.

Застосування даної роботи дозволить у значній мірі підвищити надійність роботи електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти у складі СЦБ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила безопасности в угольных шахтах. К.:Основа, 2005. – 432 с.
2. Трофімов В.О., Булгаков Ю.Ф., Кавера О.Л., Харкові М.В. Аерологія шахтних вентиляційних мереж. - Донецьк, 2009. - 87 с.
3. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Східний видавничий дім, 2004—2013.
4. Карташов Ю. В. Рудничная транспортная сигнализация и автоблокировка М: «Недра», 1974 . – 192с.
5. Карташов Ю.В. Автоматизация стрелочных переводов М: «Недра», 1971 . – 113с
6. Пономаренко В.А., Клеймер Е. Л., Дунаев Г. А. и др Системы подземного транспорта на угольных шахтах. М: «Недра», 1975 . – 309с.
7. Пучков Л.А., Бахвалов Л.А. Методы и алгоритмы автоматического управления проветриванием угольных шахт. М.:Недра,2002. – 391 с.
8. Абрамов Ф.А., Бойко В.А. Автоматизация проветривания шахт.К.: Основа,2007. – 309 с.
9. Матвієнко М. П. Пристрої цифрової електроніки К: «Ліра-К», 2015 . – 392с.
10. Матвієнко М.П. Проектування цифрових пристроїв, Київ: Видавництво «Ліра-К», 2018 . – 364с.
11. Баранов С. И. Синтез микропрограммных автоматов. Ленинград; Энергия,1979 – 232с.
12. Матвієнко М.П. Комп'ютерна логіка , Київ: Видавництво «Ліра-К», 2012 . – 364с.
13. Матвієнко М.П. Комп'ютерна схемотехніка , Київ: Видавництво «Ліра-К», 2013 . – 192с.
14. Жабін В.І., Жуков І.А., Клименко І.А., Ткаченко Прикладна теорія цифрових автоматів. Видавництво НАУ ,2007 . –364с.

15. Матвієнко М.П. Промислова електроніка, Київ: Видавництво «Ліра-К», 2019 .
– 424с.
16. WWW. klinkmann. com

ДОДАТОК А

Приклад реалізації програмування контролера на мові Ladder

